

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **10-144602**

(43)Date of publication of application : **29.05.1998**

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02B 5/10

G02B 7/00

G02B 7/198

G03F 7/20

(21)Application number : **08-318656**

(71)Applicant : **NIKON CORP**

(22)Date of filing : **14.11.1996**

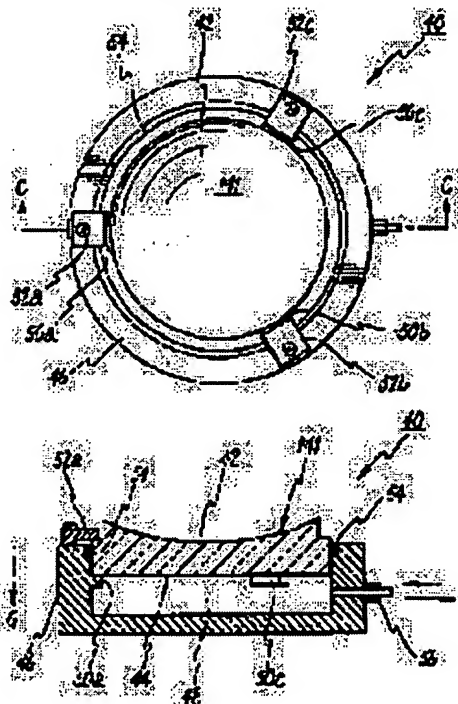
(72)Inventor : **IKEDA MASATOSHI**

## (54) REFLECTING MIRROR HOLDER AND PROJECTION ALIGNER

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve an optical performance of a reflecting mirror by preventing the deflection of a reflecting mirror caused by its own weight.

**SOLUTION:** A concave mirror M1 is held between 3 point seats 50a, 50b, 50c and holding plates 52a, 52b, 52c of a closed-end cylindrical mirror frame 46 in such a condition that a mirror face 42 is directed outwardly. A rear face 44 of the mirror opposed to the mirror face 42 defines a sealed chamber 48 together with the mirror frame 46. When an air pressure within the chamber 48 is adjusted at a proper level, the pressure acting on the rear face 44 of the concave mirror M1 enables cancellation of a gravity (G) component of the mirror weight and thus prevention of deflection of the mirror caused by its own weight, thereby realizing a good optical performance.



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-144602

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月29日

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	P I	
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 7
G 0 2 B 5/10		G 0 2 B 5/10	Z
7/00		7/00	J
7/198		G 0 3 F 7/20	5 2 1
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 2 B 7/18	B

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-318656

(22) 出願日 平成8年(1996)11月14日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 池田 正俊

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

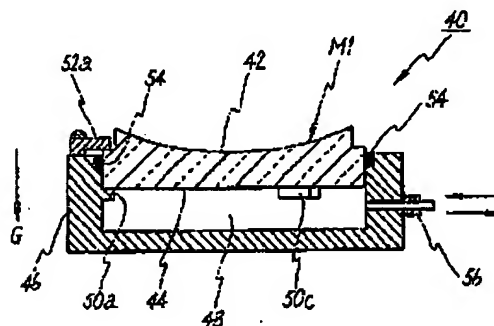
(74) 代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 反射ミラー保持装置及び投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 反射ミラーの自重によるたわみを防止して、反射ミラーの光学性能を向上させるようにする。

【解決手段】 凹面鏡M1は、ミラー面42を外側に向けた状態で、有底円筒状のミラー枠46の3点座50a、50b、50cと押さえ板52a、52b、52cとの間に挟持され、その裏面44側に密閉室48が形成される。この密閉室48内部の空気圧が調整されると、凹面鏡M1の裏面44側に作用する圧力によって重力(G)成分をキャンセルし、凹面鏡M1が自重によってたわまないようにすることができるため、良好な光学性能を得ることができる。



(2)

特開平10-144602

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一方の面に光を反射するミラー面が形成された反射ミラーを投影光学系内で保持する反射ミラー保持装置であって、

前記反射ミラーを保持するとともに、当該反射ミラーとともに密閉室を構成するミラー保持部材を備え、

前記反射ミラーの前記ミラー面の裏面側の前記密閉室の内部圧力が所定圧力に調整されていることを特徴とする反射ミラー保持装置。

【請求項2】 前記密閉室の内部圧力を所定圧力に調整する圧力調整手段を更に備えていることを特徴とする請求項1に記載の反射ミラー保持装置。

【請求項3】 前記密閉室の重力方向の一端の壁を構成する前記反射ミラーは、前記密閉室を構成する側壁部に設けられた3点座を介して支持されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の反射ミラー保持装置。

【請求項4】 前記反射ミラーは、前記3点座の位置で前記反射ミラーの端部を挟み込む押さえ板で挟持されていることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか一項に記載の反射ミラー保持装置。

【請求項5】 前記反射ミラーのミラー面の裏面形状をミラー面と同じ面形状として、反射ミラーの重力方向の厚さを均一にしたことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一項に記載の反射ミラー保持装置。

【請求項6】 前記反射ミラーが重力方向にたわまないように反射ミラーの中心部から周辺部にかけて重力方向の厚さの分布を変えることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一項に記載の反射ミラー保持装置。

【請求項7】 前記圧力調整手段は、前記密閉室内に流体を流入、あるいは密閉室内の流体を外部に流出させて密閉室内を所定の圧力に調整するポンプであることを特徴とする請求項2に記載の反射ミラー保持装置。

【請求項8】 前記流体は、前記反射ミラーを冷却する冷却水であることを特徴とする請求項7に記載の反射ミラー保持装置。

【請求項9】 前記密閉室内の内気圧を測定する内気圧測定手段と；前記密閉室の外側の外気圧を測定する外気圧測定手段と；前記内気圧測定手段と前記外気圧測定手段とで測定した前記密閉室の内外気圧差に基づいて密閉室内の気圧を調整するように前記圧力調整手段を制御する制御手段とを更に備えていることを特徴とする請求項2ないし7のいずれか一項に記載の反射ミラー保持装置。

【請求項10】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感光基板上に投影露光する投影露光装置であって、

前記投影光学系が、反射素子として1又は2以上の反射ミラーを含む反射屈折光学系から成り、

前記反射ミラーの少なくとも一つを保持するとともに、当該反射ミラーとともに密閉室を構成するミラー保持部

材を備え、

前記反射ミラーの前記ミラー面の裏面側の密閉室の内部圧力を、前記反射ミラーの自重と前記密閉室内外圧力差とに基づいて調整する圧力制御系とを有する投影露光装置。

【請求項11】 前記反射屈折光学系は、反射素子として前記1又は2以上の反射ミラーを含む複数の反射素子が含まれた複数回反射の光学系であり、

前記反射屈折光学系を構成する1番目の反射素子が前記圧力制御系により圧力調整がなされる密閉室を備えた反射ミラーにより構成されていることを特徴とする請求項10に記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は反射ミラー保持装置及び投影露光装置に係り、更に詳しくは、投影光学系用の反射ミラーを保持する反射ミラー保持装置及びその反射ミラー保持装置により保持された反射ミラーを反射屈折光学系の反射光学素子として投影光学系内に配置した投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程では、マスク（又はレチクル）に形成されたパターンを投影光学系を介してウエハ等の感光基板上に投影露光する投影露光装置が使用されている。この投影露光装置としては、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）等の静止露光型やステップ・アンド・スキャン、あるいはスリット・スキャン等の走査露光型の露光装置が用いられている。

【0003】従来のこの種の装置では、露光光としてg線（波長：436nm）、i線（波長：365nm）等が使用され、最近では、KrFエキシマレーザ光（波長：248nm）やArFエキシマレーザ光（波長：193nm）等が用いられつつある。これらの波長帯域の露光光を用いて露光処理を行う場合は、投影光学系として反射屈折光学系を用いることにより、十分な縮小率が得られ、投影光学系自体を小型化することができるといふ利点がある。

【0004】このような反射屈折光学系には、種々の反射光学素子が含まれており、例えば、平面鏡あるいは凹面鏡などの反射ミラーがある。この反射屈折光学系に用いられる反射ミラーは、光学系の要求精度が高くなるに従って、反射ミラーの自重変形により僅かに反射面が歪んでも、光学性能の劣化が問題視されるようになりつつある。

【0005】例えば、従来の投影露光装置の反射屈折光学系に用いられる反射ミラー（例えば、凹面鏡）は、図8及び図8のA-A横断面図である図9に示されるように、①反射ミラー100の裏面102側の周辺部がミラ

(3)

特開平10-144602

3

一棒104の座面106で支持されるとともに、そのミラー棒104と反射ミラー100の側面との間には、反射ミラー100がずれたり、外れたりしないようにするため、パッキン108を介して固定するようにした反射ミラー保持装置で保持されていた。

【0006】その他、従来の反射ミラー保持装置として、例えば、図10及び図10のB-B線断面図である図11に示されるように、②反射ミラー100の裏面102側の周辺部がミラー棒120の3ヶ所に設けられた3点座122a、122b、122cの上面の支持面で支持されるようにし、そのミラー棒120と反射ミラー100の側面との間には、反射ミラー100がずれたり、外れたりしないようにするためのパッキン108を介して固定するものもあった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述の如き従来の反射ミラー保持装置においては、図8及び図9に示される①の場合、反射ミラー100の裏面102側の周辺部全面がミラー棒104の座面106に当接して支持される構造であるため（図8中のダブルハッチング部分が当接面となる）、ミラー棒104の座面106に平面うねりがあると、反射ミラー100の自重（図9の紙面下方向に働く反射ミラーにかかる重力Gの作用）により、そのうねりがそのまま反射ミラー100に伝わって反射ミラー100がたわみ、反射ミラー100を均等に保持することができなくなる。その結果、①の反射ミラー保持装置では、反射ミラー100の反射面に歪みが生じ、光学性能の劣化を招くという不都合があった。また、ミラー棒104にうねりが無い場合でも、反射ミラー100が周辺部のみで保持されているため、重力の影響で反射ミラーの中央付近がたわみ、反射光の光路ずれ、光学性能が劣化するという不都合があった。

【0008】さらに、図10及び図11に示される②の反射ミラー保持装置の場合は、ミラー棒120の3点座122a、122b、122cで反射ミラー100を支持することにより、ミラー棒120に平面うねりがあったとしても、3点で均等に支持することが可能となり、ミラー棒120のうねりを反射ミラー100側に伝えないようにすることができる。

【0009】ところが、反射ミラー100を3点座122a、122b、122cで支持するということは、逆に反射ミラー100を3点座以外では支持していないため、反射ミラー100の自重（重力Gの作用）によって周辺部が三つ葉状にたわみ（支持されない部分が下がる）、反射ミラー100が光軸に対して非対称に歪んでしまい、この場合も光学性能が劣化するという不都合があった。

【0010】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1ないし9に記載の発明の目的は、反射ミラーの自重によるたわみを防止して、反射ミラーの光学性

4

能を向上させることが可能な反射ミラー保持装置を提供することにある。

【0011】また、請求項10及び11に記載の発明の目的は、自重によるたわみのない光学性能の良好な反射ミラーを備えた投影光学系により、高精度な投影露光を可能とする投影露光装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、一方の面に光を反射するミラー面（42）が形成された反射ミラー（M1）を投影光学系内で保持する反射ミラー保持装置（40）であって、前記反射ミラー（M1）を保持するとともに、当該反射ミラー（M1）とともに密閉室（48）を構成するミラー保持部材（46）を備え、前記反射ミラー（M1）の前記ミラー面（42）の裏面（44）側の前記密閉室（48）の内部圧力が所定圧力に調整されていることを特徴とする。

【0013】これによれば、投影光学系内で保持される反射ミラーは、ミラー保持部材で保持され反射ミラーとともに密閉室を構成しており、その反射ミラーのミラー面の裏面側の密閉室の内部圧力が所定圧力に調整されている。

【0014】このため、反射ミラーの自重によるたわみは、密閉室の内部圧力によってキャンセルされることから、良好な光学性能を得ることができる。

【0015】この場合において、密閉室内の圧力は、一定の圧力に保たれたままであってもよいが、請求項2に記載の発明の如く、密閉室（48）の内部圧力を所定圧力に調整する圧力調整手段（66）を更に備えていてもよい。このようにすれば、外気圧等の環境条件が変動して内外気圧差が変化した場合であっても、圧力調整手段により密閉室内部の圧力を調整して、内外気圧差を調整することにより、反射ミラーの変形を低減ないしは防止することができる。ここで、密閉室48とその外との気圧差である内外気圧差は、反射ミラーにかかる重力をキャンセルする量となるようにする。これにより、反射ミラーにかかる重力の影響は、密閉室の圧力を調整することでキャンセルすることが可能となり、反射ミラーの自重による変形が防止されて、良好な光学性能を得ることができる。

【0016】また、請求項3に記載の発明の如く、前記密閉室（48）の重力方向の一側の壁を構成する前記反射ミラー（M1）は、前記密閉室（48）を構成する側壁部に設けられた3点座（50a、50b、50c）を介して支持されるようにしても良い。このようにすれば、上述した従来例で反射ミラーを3点座で支持する場合と同様に座面のたわみの影響を小さくすることができるとともに、それに加えて、本発明では反射ミラーの裏面側から内部圧力を加えるため、反射ミラーの自重による変形（例えば、三つ葉状のたわみ）が防止されて、良好な光学性能を得ることができる。

(4)

特開平10-144602

5

6

【0017】また、請求項4に記載の発明の如く、前記反射ミラー（M1）は、前記3点座（50a、50b、50c）の位置で前記反射ミラー（M1）の端部を挟み込む押さえ板（52a、52b、52c）で挟持されるようにしても良い。このようにすれば、反射ミラーの自重によるたわみをキャンセルするために、反射ミラーの裏面側から内部圧力を加えた場合でも、反射ミラーが浮き上がるのを防止することができる。

【0018】この場合において、反射ミラーのミラー面と裏面との面形状が必ずしも同じである必要はないが、請求項5に記載の発明の如く、前記反射ミラー（M1a）のミラー面（82）の裏面（84）形状をミラー面（82）と同じ面形状として、反射ミラー（M1a）の重力方向の厚さを均一にしても良い。このようにすれば、例えば平面鏡などでは、反射ミラーにかかる重力が均等化され、反射ミラーの裏面側から均等に加えられる内部圧力により、重力の影響を容易にキャンセルすることができる。

【0019】上述したように、反射ミラーのミラー面とミラー面の裏面形状とを同じにして、反射ミラーの厚さが均一になるように構成しても良いが、請求項6に記載の発明の如く、反射ミラー（M1）が重力方向にたわまないように反射ミラー（M1）の中心部から周辺部にかけて重力方向の厚さの分布を変えるようにしてもよい。例えば、反射ミラーの裏面側の面形状が周辺部で湾曲しているような場合は、反射ミラーの裏面側にかかる内部圧力と重力との関係が、反射ミラーの中心部と周辺部とで異なってくるため、内部圧力と重力との関係に応じて反射ミラーの厚さを変えることにより、反射ミラーをたわませないようにすることができる。

【0020】また、密閉室内の圧力を調整する圧力調整手段には、種々のものがあり、例えば、密閉室内にピストン等を出し入れすることによって、密閉室内の圧力調整を行っても良いが、請求項7に記載の発明の如く、圧力調整手段（66）は、密閉室（48）内に流体を流入、あるいは密閉室内の流体を外部に流出させて密閉室（48）内を所定の圧力に調整するポンプを用いても良い。このようにすれば、密閉室内の圧力調整を行う流体の変更、例えば、空気や窒素等の気体の種類を変えたり、あるいは、気体以外の液体等の流体を使って内部圧力を調整することが容易に行える上、調整圧力範囲をピストン等を使って圧力調整する場合と比べて広くとることができる。

【0021】この場合において、前記密閉室内に流体を流入・流出させて反射ミラーの裏面側に加えられる圧力をのみを調整しても良いが、請求項8に記載の発明の如く、流体として、反射ミラー（M1）を冷却する冷却水を用いることによって、圧力調整と冷却の両方を行うようにしても良い。このようにすれば、反射ミラーで反射される光（例えば、A r F エキシマレーザ）によって反

射ミラーの温度を上昇させないようにすることができるため、反射ミラーの熱膨張による光学性能の劣化を未然に防止することができる。

【0022】さらに、請求項9に記載の発明は、前記密閉室（48）内の内気圧を測定する内気圧測定手段（64）と；前記密閉室（48）の外側の外気圧を測定する外気圧測定手段（68）と；前記内気圧測定手段（64）と前記外気圧測定手段（68）とで測定した前記密閉室（48）の内外気圧差に基づいて密閉室（48）内の気圧を調整するように前記圧力調整手段（66）を制御する制御手段（70）とを更に備えている。

【0023】これによれば、内気圧測定手段により密閉室の内気圧が測定され、外気圧測定手段により密閉室の外側の外気圧が測定される。制御手段は、この内気圧測定手段と外気圧測定手段とで測定された密閉室内の内気圧と外気圧との内外気圧差に基づいて圧力調整手段を制御することにより、外気圧が変化しても、密閉室内の内気圧を反射ミラーの自重によるたわみをキャンセルするのに必要な圧力に調節することができ、これにより良好な光学性能を得ることができる。

【0024】請求項10に記載の発明は、マスク（R）に形成されたパターンの像を投影光学系（PL）を介して感光基板（W）上に投影露光する投影露光装置（10）であって、前記投影光学系（PL）が、反射光学素子として1又は2以上の反射ミラー（M1）を含む反射屈折光学系から成り、前記反射ミラー（M1）の少なくとも一つを保持するとともに、当該反射ミラー（M1）とともに密閉室（48）を構成するミラー保持部材（46）を備え、前記反射ミラー（M1）の前記ミラー面（42）の裏面（44）側の密閉室（48）の内部圧力を、前記反射ミラー（M1）の自重と前記密閉室（48）内外圧力差とに基づいて調整する圧力制御系（60）を有している。

【0025】これによれば、マスクに形成されたパターンの像を感光基板上に投影露光する際の投影露光装置の投影光学系は、反射光学素子として1又は2以上の反射ミラーを含む反射屈折光学系から成り、反射ミラーの少なくとも一つを保持するとともに、その反射ミラーとともに密閉室を構成するミラー保持部材を備え、圧力制御系により密閉室内の圧力を反射ミラーの自重と内外気圧差とに基づいて調整される。従って、投影露光装置では、その中の投影光学系を構成する反射ミラーが自重によりたわまないように、密閉室内の圧力を調整することによって反射ミラーに作用する重力成分がキャンセルされ、光学性能の劣化を防止することができることから、高精度な露光処理が可能となる。

【0026】請求項11に記載の発明は、前記反射屈折光学系は、反射素子として前記1又は2以上の反射ミラー（M1）を含む複数の反射素子が含まれた複数回反射の光学系であり、前記反射屈折光学系を構成する1番目

(5)

特開平10-144602

7

8

の反射素子が前記圧力制御系(60)により圧力調整がなされる密閉室(48)を備えた反射ミラー(M1)により構成されている。

【0027】これによれば、複数回反射の光学系からなる反射屈折光学系における1番目の反射素子は、圧力制御系によって圧力調整がなされる密閉室を備えた反射ミラーにより構成されている。従って、投影露光装置において、少なくとも1番目の反射素子として、密閉室を圧力調整することにより自重によるたわみをキャンセルすることができる傾度の高い反射ミラーが使われているため、高精度な露光処理が可能となる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1ないし図7に基づいて説明する。

【0029】図1には、本実施形態に係る投影露光装置10の概略構成が示されている。この投影露光装置10は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置である。この投影露光装置10は、水平面内をY軸方向(図1における紙面左右方向)に移動可能なYステージ12と、このYステージ12上をY軸に直交するX軸方向(図1における紙面直交方向)に移動可能なXステージ14と、このXステージ14の上方に配置された反射屈折光学系(以下、適宜「 $\pi$ 型の光学系」という)から成る両側テレセントリックな投影光学系PLと、この投影光学系PLの上方に配置され、マスクとしてのレチクルRを保持してY軸方向に移動可能なレチクルステージRSTと、このレチクルステージRSTの上方に配置された照明光学系16と、露光光源18とを備えている。これらの構成部分の内、露光光源18を除く部分は、温度、湿度等が高精度に維持されたチャンバ20内に収納されている。

【0030】露光光源18としては、本実施形態では、波長193nmのレーザ光を発するArFエキシマレーザが使用されている。一般に、投影露光装置で露光されるウエハW上の回路パターンの線幅(解像度)は、形成される集積回路の集積度が上がるにつれて微細化し、これに伴って、露光光もより短波長の光が使用されるようになってきた。これは、微細な回路パターン(例えば、サブミクロンオーダーのパターン)を露光するには、露光光の波長を短くするか、投影光学系の開口数(N.A.)を大きくすることが考えられるが、開口数を大きくすると焦点深度が浅くなるので、開口数を必要以上に大きくすることは得策ではなく、微細な回路パターンを露光するには波長を短くする事がもっとも現実的だからである。露光光源18からのレーザ光は、ミラーMOを介して照明光学系16に入射する。なお、露光光ELの光路を表わす実線は、露光光ELの主光線を示している。

【0031】照明光学系16は、リレーレンズ、フライアイレンズ、コンデンサーレンズ等の各種レンズ系や、

開口絞り及びレチクルRのパターン面と共役な位置に配置されたブラインド等(いずれも図示せず)を含んで構成されている。

【0032】レチクルステージRSTは、X軸方向の微動およびZ軸周りの微小回転が可能とされるとともに、不図示の駆動系によってY軸方向に駆動されるようになっている。このレチクルステージRSTは、走査露光時には不図示の制御装置によってYステージ12と反対の方向へ投影光学系PLの縮小倍率に応じて定まる速度比の速度で駆動される。

【0033】投影光学系PLとしては、反射光学素子を3つ備えた3回反射の反射屈折光学系から成る所定の縮小倍率 $1/n$ ( $n$ は正の整数)のものが用いられているため、ArFエキシマレーザ光を露光光として用いる場合であっても、投影光学系PL自体をそれほど大型化することなく、十分な解像度で微細な回路パターンを露光することが可能となる。この投影光学系PLの構成については後述する。

【0034】Xステージ14上には、不図示のウエハホルダを介して感光基板としてのウエハWが載置されており、このウエハWの表面には感光材として、例えば高感度レジストである化学増幅型レジストが塗布されている。Xステージ14、Yステージ12の位置は、不図示のレーザ干渉計システムによって計測されており、このレーザ干渉計システムの計測値が前述した制御装置によってモニタされている。

【0035】上述のようにして構成された投影露光装置10によると、ウエハWとレチクルRのアライメントが行われた状態で、露光光源18から露光光が照射されると、この露光光が照明光学系16を通過する際に、照明光学系16内のブラインドによって断面形状が制限される。そして、この制限された露光光は、リレーレンズ、コンデンサーレンズ等を介して回路パターンが描画されたレチクルR上のスリット状の照明領域31を均一な照度で照明する。次に、このレチクルRを通過した露光光は、投影光学系PLに入射され、これによってレチクルRの回路パターンが $1/n$ 倍に縮小されてウエハW上に投影露光される。この露光の際には、レチクルRとウエハWとがY軸方向に沿って互いに逆向きに所定の速度比で同期走査されることにより、レチクルRのパターン全体がウエハW上の1ショット領域に転写される。このような走査露光は、ウエハWを順次ステップ移動しながら行われ、レチクルRのパターンがウエハW上の全ショット領域に転写されることになる。

【0036】図2には、投影光学系PLとその近傍の詳細図が示されている。この図2に示されるように、投影光学系PLは、全体的には $\pi$ の字状でレチクル対向面部とウエハ対向面部とが開口したレンズ筒22と、全体的には縮小光学系を構成する3つのレンズ群GL1~GL3と3つの反射光学素子(凹面鏡と平面鏡)M1~M

(6)

特開平10-144602

9

10

3を備えている。これをさらに詳述すると、第1レンズ群GL1は、レチクルRの下方にZ軸方向に沿って配置された共通のZ軸方向の光軸を有する複数の凹レンズ、凸レンズ等によって構成されている。また、第3レンズ群GL3は、ウエハWの上方にZ軸方向に沿って配置された共通のZ軸方向の光軸を有する複数の凹レンズ、凸レンズによって構成されている。

【0037】そして、上述した第1レンズ群GL1の下方には、本発明に係る反射ミラー保持装置（図面の繁雑さを避けるために図1及び図2中では不図示とし、図3以下に図示する）で保持された凹面鏡M1が配置されている。また、第1レンズ群GL1の上方で当該投影レンズPLの端面の位置には、平面鏡M2が斜設されている。また、第3のレンズ群GL3の上方には、比較的大型の平面鏡M3が斜設され、平面鏡M2とM3との間にZ軸と直交する方向に光軸を有する複数のレンズから成る第2レンズ群GL2が配置されている。平面鏡M3は、ここではハーフミラーではなく露光光がほぼ100パーセント近く反射される一般的な反射ミラーが用いられている。

【0038】更に、本実施形態の投影光学系PLにおいて、レンズ鏡筒22のレチクル対向面部は、第1レンズ群GL1の光軸AX近傍まで延設され、この延設部によって第1レンズ群の図2における右半部分に対する上方からの光の入射を制限する第1の遮光板22Aが形成されている。同様に、レンズ鏡筒22の第1レンズ群GL1と第2レンズ群GL2との境界部分は、第2レンズ群GL2の光軸AX近傍まで延設され、この延設部によって第1レンズ群GL1側からの余計な反射光や乱反射光が第2レンズ群GL2へ入射されるのを防止する第2の遮光板22Bが形成されている。

【0039】上記投影光学系PLによれば、図2に示されるように、レチクルRを透過した露光光ELは、投影光学系PL内で第1レンズ群GL1の左半部を透過して凹面鏡M1に至り、ここで入射方向と光軸AXに関して対称な方向に反射され、第1レンズ群GL1の右半部を透過して平面鏡M2に至る。次に、この露光光ELは、平面鏡M2で反射されて第2レンズ群GL2の光軸に平行な方向に向けて方向変換され、第2レンズ群GL2の上半部を透過して平面鏡M3に至る。そして、この露光光は平面鏡M3で反射されて、第3レンズ群GL3の光軸に平行な方向に方向変換され、第3レンズ群GL3の左半部を透過してウエハW上に至る。

【0040】この投影光学系PLの内部には、端面に配置された平面鏡M2と第2レンズ群GL2との間の露光光の光軸AX上に、露光光に関するウエハW表面の共役点K2が存在している。

【0041】本実施形態に係る投影露光装置10は、上述のように構成され、その投影光学系PLを構成するπ型の光学系（反射屈折光学系）の反射光学素子としての

凹面鏡M1は、以下に説明する反射ミラー保持装置により保持されている。

【0042】図3及び図4に示されるように、例えば、反射ミラー保持装置40は、凹面鏡M1のミラー面42を外側に向けて保持することにより、その凹面鏡M1とともに密閉室48が形成されるミラー保持部材としてのミラー枠46、凹面鏡M1を3点座で支持する座面50a、50b、50c（但し、図4では50bは図示せず）、座面50a、50b、50cとそれぞれ対になって凹面鏡M1の外周端部を挟持する押さえ板52a、52b、52c（但し、図4では52b、52cは図示せず）、凹面鏡M1とミラー枠46との間に充填されて気密性を高める充填剤54、ミラー枠46の側面に形成されて密閉室48と外部とを遮断する空気継ぎ手56等により構成されている。

【0043】凹面鏡M1は、凹面状に精度良く研磨されたガラスやセラミックの表面に銀づけ、あるいは銀やアルミニウム等を蒸着、あるいはスパッタリングによってミラー面を形成したものである。図3及び図4に示される凹面鏡M1は、ミラー面42と裏面44との面形状が異なっており、ここでは裏面44側が平坦に形成されている。

【0044】ミラー枠46は、有底円筒状の容器で構成されており、そのミラー枠46の内周面に凹面鏡M1が内接し、ミラー面42を外側（図4における上側）に向けて保持されることにより、凹面鏡M1によって密閉室48が形成されている。この密閉室48内部は、ここでは空気継ぎ手56を介して外部と遮断されており、この空気継ぎ手56を介して密閉室48に対し空気を流入・流出させることにより、内部圧力の調節が可能となっている（圧力調整機構については後に詳述する）。このため、図4に示される凹面鏡M1は、自重によるたわみが生じないように、密閉室48内部の空気圧を上げて重力（G）と逆方向の圧力を加えることにより、凹面鏡M1の自重によるたわみがキャンセルされるようになっている。

【0045】座面50a、50b、50cは、ここではミラー枠46の内周面に120°間隔で内方に向かって突設された3つの突起のそれぞれの上面に形成されている。そして、これらの座面50a、50b、50cによって凹面鏡M1が3点支持されている（図3及び図4参照）。

【0046】押さえ板52a、52b、52cは、それぞれ座面50a、50b、50cに対向して配置され、座面50a、50b、50cとそれぞれ対になって凹面鏡M1を挟持することにより、確実に保持している（図3及び図4参照）。この押さえ板52a、52b、52cは、ここでは、ビスによりそれぞれミラー枠46に確実に固定されるようになっている。

【0047】充填剤54は、凹面鏡M1とミラー枠46



11

との間に充填されて気密性を高めるシール材であって、シリコン等の充填剤の他、ゴム材等のパッキン、あるいはこれらを組み合わせ用いても良い。

【0048】空気継ぎ手56は、図3及び図4に示されるように、ミラー枠46の側面に設けられ、密閉室48と外部とを連通して、空気等の流体の流入・流出を可能とする管（パイプ）である。

【0049】反射ミラー保持装置40は、以上のように構成されている。さらに、図5には、上述した図3及び図4に示される反射ミラー保持装置40に加えて、空気継ぎ手56を介して、密閉室48内の空気圧を調整する圧力制御系としての空気圧調整機構60が示されている。図5中に示される反射ミラー保持装置40は、図4と同一であるため、構成説明を省略し、ここでは主に空気圧調整機構60について説明する。

【0050】空気圧調整機構60は、密閉室圧力計64、ベローズポンプ66、大気圧圧力計68、制御ユニット70等を備えている。なお、上述した反射ミラー保持装置40の空気継ぎ手56と密閉室圧力計64とベローズポンプ66とは、空気圧調整パイプ62によって接続されている。そして、ベローズポンプ66は、この空気圧調整パイプ62を介して、反射ミラー保持装置40の密閉室48内に空気を流入・流出させることにより、密閉室48内の圧力を調整している。

【0051】密閉室圧力計64は、反射ミラー保持装置40の空気継ぎ手56とベローズポンプ66との中間の空気圧調整パイプ62の分岐部に接続されていて、密閉室48と連通していることから、密閉室48内部の圧力が測定できる。

【0052】ベローズポンプ66は、空気圧調整パイプ62を介して反射ミラー保持装置40の密閉室48に対して空気を流入・流出させることにより、正負自由な圧力を与えることができる圧力調整手段としての空気圧ポンプである。

【0053】大気圧圧力計68は、反射ミラー保持装置40の外部の空気圧を測定する圧力計である。

【0054】制御ユニット70は、CPU（中央演算処理装置）、ROM、RAM等をきんで構成されたマイクロコンピュータ（又はミニコンピュータ）から成り、上述した密閉室圧力計64で計測された密閉室48内の空気圧と大気圧圧力計68で計測された大気圧の各圧力計測値に基づいて内外気圧差を演算する。この内外気圧差は、密閉室48内の空気圧と大気圧との相対的な圧力差であり、凹面鏡M1に対して垂直に加わる圧力に相当する。このため、制御ユニット70では、この凹面鏡M1にかかる重力に相当する力（紙面下方向の力）が上記の圧力差により生ずる力によりキャンセルするように、上述した内外気圧差に基づいて密閉室48内の圧力を調整する。このように、制御ユニット70は、ベローズポンプ66を駆動して、内外気圧差が常に一定となるように

(7)

特開平10-144602

12

密閉室48内の圧力調整を行うため、凹面鏡M1の自重によるたわみがキャンセルされて、良好な光学性能を得ることができる。

【0055】本実施形態では、上述した密閉室48の圧力調整をリアルタイムで行うようにしたため、大気圧の変化や密閉室48内の空気の熱膨張等により内外気圧差が変化しても、その変化状況にリアルタイムで対応して内外気圧差が常に一定に保たれるよう調整することができることから、凹面鏡M1の光学性能が良好となる。

【0056】図6には、他の実施形態に係る反射ミラー保持装置80が示されている。この図6の実施形態において図4と同一もしくは同等の構成部分には同一の符号を付すとともに、その構成説明を省略するものとする。

【0057】この図6に示される反射ミラー保持装置80の特徴は、これによって保持される凹面鏡M1aのミラー面82と裏面84の面形状（曲率）を同じにすることによって、凹面鏡M1aのどの場所でも重力方向の厚さが均一になるようにした点に特徴を有する。このようにすることにより、ミラーの各部にかかる重力（G）が均一化されるため、凹面鏡M1aの裏面84側の密閉室48の圧力を調整するだけで、重力の影響をキャンセルすることができる。これは、凹面鏡M1aの裏面84側にかかる圧力は、圧力の特性により均一にしかかけられないため、キャンセルする重力（G）の方を均一化するようにしたものである。図6では、凹面鏡を例にあげて説明したが、この実施形態では、特に平面鏡あるいはそれに近い曲率半径の大きい凹面鏡や凸面鏡などに有効となる。さらに、ミラー面82と裏面84との面形状を同じにした場合は、ミラーの加工が容易に行えるという利点がある。

【0058】また、図7に示される凹面鏡M1bは、図6の凹面鏡M1aよりも面形状の曲率半径が小さい場合である（なお、図6及び図7の凹面鏡は、説明の都合上、同じ曲率半径で描いてある）。図7には、凹面鏡M1bにかかる重力（G）と、これをキャンセルするための図示しない密閉室による圧力P（ここでは空気圧）との関係が示されている。

【0059】図7に示されるように、凹面鏡M1bの重力方向の厚さを一定とすると、凹面鏡M1bの中心部に作用する重力（G）と同端部に作用する重力（G）が同じになる。ところが、図7の凹面鏡M1bは、図6よりも凹面鏡の曲率半径が小さいため、裏面94側の面形状が中心部から周辺部にいくに従って面の傾斜がきつくなる。このため、裏面94側に作用する空気圧は常に面に対して垂直方向に均等に作用することから、図7に示される凹面鏡M1bの中心部に作用する空気圧P1と、湾曲した左端部に作用する空気圧P2とは等しくなる（ $P1 = P2$ ）。しかし、重力（G）は常に垂直方向（紙面下方向）に作用するため、重力（G）をこれと対向する力（F）により凹面鏡M1bの中心部でキャンセルさ

45

46

47

50



13

れるように圧力調整した場合は ( $P1 = P2 = G$ )、両端部で  $F = P2 \cdot \cos \theta$  となり、常に ( $F < P2$ ) となることから、凹面鏡 M1 a の両端部にいくにしたがってキャンセルされない重力の影響がたわみとしてあらわれる。これに対して、図 6 に示されるような曲率半径の大きい凹面鏡 M1 a や凸面鏡、あるいは平面鏡などの場合は、その影響が小さいため、光学性能はほとんど劣化しない。

【0060】逆に、凹面鏡 M1 b の両端部で重力 ( $G$ ) の影響がキャンセルされるように圧力調整がなされた場合は ( $F = G$ )、中心部で空気圧 ( $P1$ ) の方が重力 ( $G$ ) を上回ることになるため ( $P1 > G$ )、空気圧によるたわみの影響が中心部に出ることになる。

【0061】このため、図 7 のように、凹面鏡 M1 b の裏面 94 の曲率半径が小さい場合は、凹面鏡 M1 b の重力方向の厚さを部分的に変えることによって、重力 ( $G$ ) の影響を空気圧 ( $P$ ) によって適切にキャンセルされるように、最適化することが望ましい。例えば、図 7 に示されるように、凹面鏡 M1 b の両端部付近で重力 ( $G$ ) をキャンセルする圧力 ( $F$ ) が不足する場合は、中心部から周辺部にいくに従って凹面鏡 M1 b の厚さを薄くするように形成する (図 7 中の破線で示す削減部分 90 参照)。これにより、凹面鏡 M1 b の周辺部にかかる重力 ( $G$ ) が小さくなるため、重力 ( $G$ ) を圧力 ( $F$ ) によって対等にキャンセルすることができる。

【0062】また、図示していないが、凹面鏡 M1 b の両端部で重力 ( $G$ ) の影響がキャンセルされるように圧力調整した場合は、中心部における空気圧 ( $P1$ ) の方が重力 ( $G$ ) を上回ることになるため、凹面鏡 M1 a の中心部の厚さを厚くして中心部にかかる重力 ( $G$ ) を大きくすることにより、空気圧によるたわみの影響をキャンセルすることができる。

【0063】なお、上述した図 6 では、主に反射ミラー保持装置 80 の特徴的な構成について説明したが、密閉室 48 内の圧力調整については図 5 に示される圧力調整機構 60 と同様の構成及び動作によって調整されるため、ここでは説明を省略する。

【0064】上述したように、本実施形態に係る投影露光装置 10 の反射屈折光学系に用いられる反射ミラーを保持する保持装置では、密閉室 48 の重力方向の一端の壁を反射ミラー (凹面鏡や平面鏡等) で構成して、その反射ミラーの裏面側の密閉室 48 の内部圧力を圧力調整機構 60 で調整することにより、反射ミラーの裏面側に直接圧力をかけることができるため、反射ミラーの自重によるたわみがキャンセルされて、良好な光学性能を維持することができる。その結果、これらの反射ミラー保持装置を用いた投影露光装置で露光処理する場合は、より高精度で解像度の高いパターン像をウェハ W 上に転写することが可能になる。

【0065】また、本実施形態に係る投影露光装置 10

(8)

特開平 10-144602

14

は、その投影光学系 PL として複数回反射 (3 回反射) による反射屈折光学系を備えており、ここでは上述した反射ミラー保持装置を 1 番目の反射素子に用いているため、投影光学系 PL に入射されたパターン像を精度の高い反射ミラーで最初に反射させて処理することから、ミラー面のたわみの影響の少ない高精度な露光処理が可能になる。

【0066】なお、上記図 4 あるいは図 6 で説明した実施形態では、例えば、凹面鏡 M1 (図 6 の場合は凹面鏡 M1 a) が密閉室 48 の重力方向上側の一端の壁を構成する場合として説明したが、図 4 あるいは図 6 の上下方向を逆にして、凹面鏡 M1 が密閉室 48 の重力方向下側の一端の壁を構成するようにしても良い。この場合の凹面鏡 M1 にかかる重力は、ミラー面を膨らませる方向に作用するため、密閉室 48 内を負圧に保つように圧力調整することにより、密閉室 48 の下側の凹面鏡 M1 を持ち上げる力が働き、重力の影響をキャンセルすることができる。

【0067】また、上記実施形態の説明では、密閉室 48 内の圧力調整を内外気圧差をリアルタイムで測定して、この測定結果に基づいて密閉室 48 の圧力調整を行っているため、大気圧の変化に影響されるたわみ分をキャンセルすることが可能であるが、本発明は必ずしもリアルタイムで圧力調整を行うものに限るものではない。リアルタイムで密閉室 48 の圧力調整を行うか否かは、要求精度とキャンセルするたわみ分がどの程度の時間内で発生するかに応じて決めれば良い。リアルタイムで行わない場合は、一定時間おきに内外気圧差を測定して密閉室 48 内の圧力調整を行えば良い。また、その場合も要求精度に応じて、圧力調整を行う時間間隔を可変することができる。

【0068】さらに、上記実施形態では、密閉室 48 内の圧力を適宜調整可能なものとして説明したが、環境条件 (外気圧や温度など) がほとんど変化しない状況下では、密閉室 48 の圧力を変える必要がないため、予め所定の圧力に調整しておいた密閉室 48 を用いるものであっても良い。

【0069】また、上記実施形態の説明では、密閉室 48 内に流入・流出させて圧力調整を行う流体として、空気や窒素ガス等の気体を用いた場合で説明したが、これに限定されるものではなく、所定の液体を流入させて反射ミラーの裏面側に加えられる圧力調整をしても良い。このように液体に液体を用いる場合は、この液体を冷却水とすることにより、反射ミラー M1 を裏面側から直接冷却することが可能となり、反射ミラーで反射される光 (例えば、ArF エキシマレーザ) によって反射ミラーの温度が上昇しないようにすることができるため、熱膨張による反射ミラーの光学性能の劣化を防止することが可能となる。

【0070】また、上記実施形態では、反射ミラーの一

15

例として凹面鏡M1を例に上げて説明したが、凹面鏡に限定されるものではなく、平面鏡あるいは凸面鏡であっても同様に自重によるたわみの影響のない保持が可能となる。

【0071】また、上記実施形態では、半導体製造装置である投影露光装置の投影光学系を構成する反射ミラーを本発明に係る保持装置により保持する場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではなく、反射ミラーを利用した液晶露光装置、反射望遠鏡、あるいは、高精度な光学系が求められる各種光学機器についても本発明は同様に適用することができる。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし9に記載の発明によれば、反射ミラーの自重によるたわみを防止して、反射ミラーの光学性能を向上させることができるという優れた効果がある。

【0073】また、請求項10及び11に記載の発明によれば、自重によるたわみのない光学性能の良好な反射ミラーを備えた投影光学系により、高精度な投影露光が可能となる従来にない優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1の投影光学系とその近傍の詳細説明図である。

【図3】本実施形態に係る反射ミラー保持装置の平面図である。

【図4】図3のC-C線断面図である。

【図5】図4の反射ミラー保持装置とその密閉室内の圧力調整機構を説明する図である。

【図6】他の実施形態に係る反射ミラー保持装置の断面図である。

(9)

特開平10-144602

16

\*【図7】図6の場合よりも曲率半径の小さい凹面鏡に作用する重力と密閉室の圧力との関係を説明する図である。

【図8】従来の反射ミラー保持装置の平面図である。

【図9】図8のA-A線断面図である。

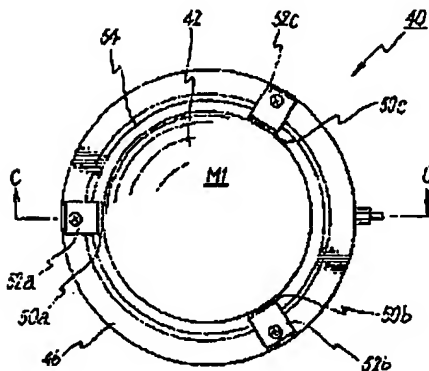
【図10】3点座で反射ミラーを支持する従来の反射ミラー保持装置の平面図である。

【図11】図10のB-B線断面図である。

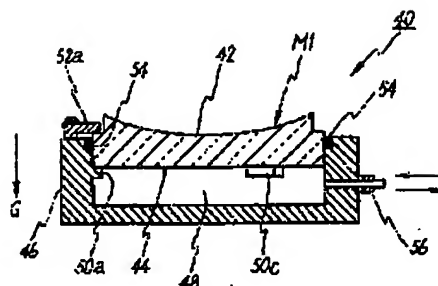
【符号の説明】

- 10 40 反射ミラー保持装置
- 42 ミラー面
- 44 裏面
- 46 ミラー枠
- 48 密閉室
- 50a, 50b, 50c 3点座
- 52a, 52b, 52c 押さえ板
- 56 空気継ぎ手
- 60 空気圧調整機構
- 62 空気圧調整パイプ
- 20 64 密閉室圧力計
- 66 ペローズポンプ
- 68 大気圧圧力計
- 70 制御ユニット
- 80 反射ミラー保持装置
- 82 ミラー面
- 84 裏面
- M1 凹面鏡
- M1a 凹面鏡
- M1b 凹面鏡
- 30 PL 投影光学系
- W ウェハ
- \* G 重力

【図3】



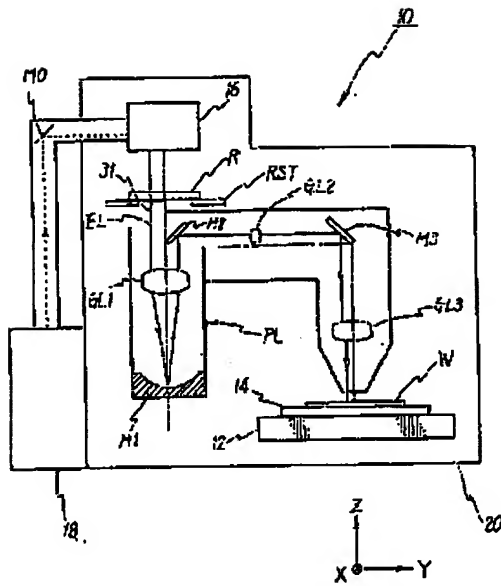
【図4】



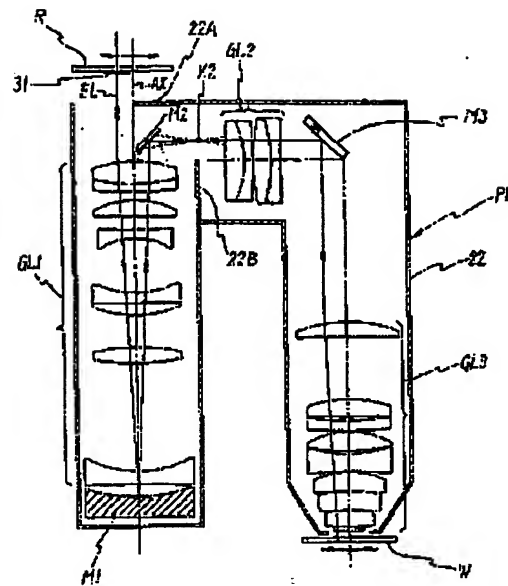
(10)

特開平10-144602

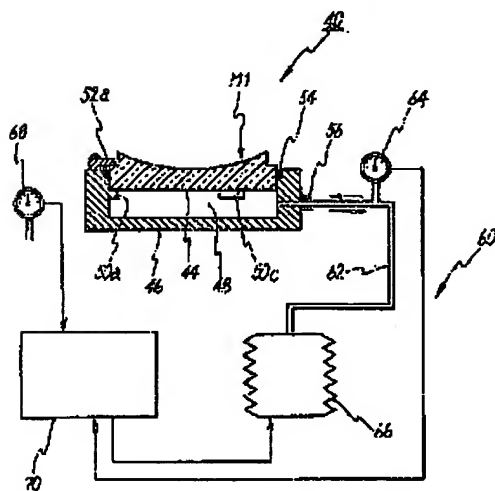
【図1】



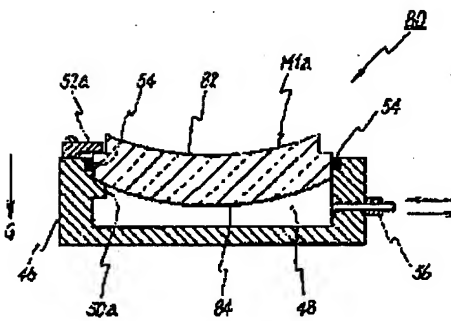
【図2】



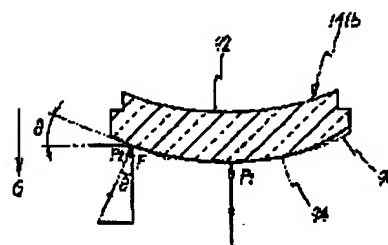
【図5】



【図6】



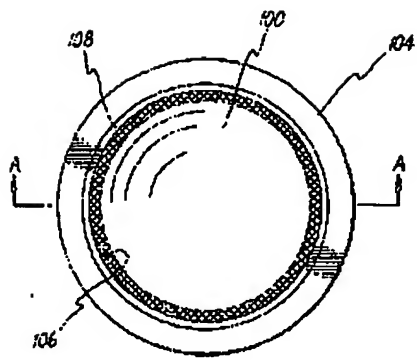
【図7】



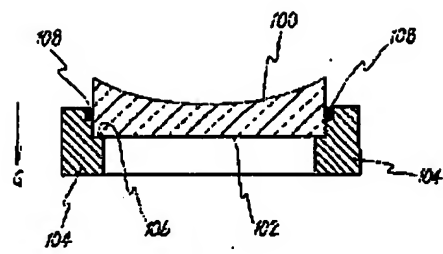
(11)

特開平10-144602

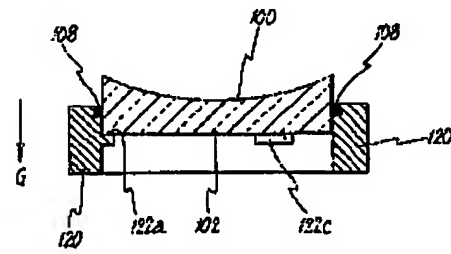
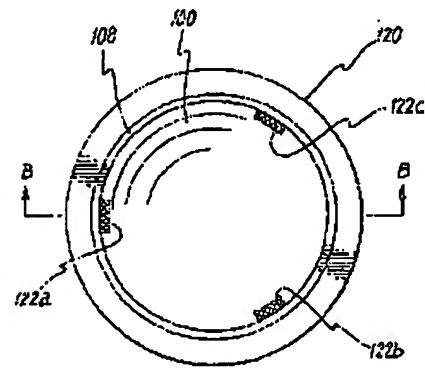
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**